

Aplicació de suport al diagnòstic de pacients amb leucèmia

Albert Ramoneda Tormos

Resum—En aquest projecte es presenta el desenvolupament d'una aplicació mèdica per a la gestió de pacients diagnosticats amb leucèmia per estudiar com evoluciona el seu diagnòstic amb diferents tractaments oncològics. L'aplicació disposa d'una interfície gràfica que permet al personal sanitari gestionar de manera intuïtiva l'històric dels diferents pacients així com la seva evolució temporal en el tractament. A més, l'aplicació disposa d'un model basat en tècniques de visió per computador per a la detecció i classificació automàtica de glòbuls blancs cancerosos a partir d'imatges d'hematologia obtingudes amb microscopi òptic per tal d'ajudar a determinar el diagnòstic de cada pacient tractat.

Paraules clau—leucèmia, aplicació, pacients, informe, gestió, detecció, classificació, MATLAB, SQL.

Abstract—This project describes the development of a medical application for the management of patients diagnosed with leukemia to study how their status evolves over different oncological treatments. The application is based on an interface that allows healthcare staff to manage historical patient data as well as their temporary evolution within the treatment. In addition, the application has a model based on computer vision techniques for the automatic detection and classification of cancerous white blood cells from images of hematology obtained with an optical microscope in order to help determine the diagnosis of each treated patient.

IndexTerms—leukemia, application, patients, report, management, detection, classification, MATLAB, SQL.



1 INTRODUCCIÓ

ANUALMENT es diagnostiquen a raó de 3 a 6 casos de leucèmia per a cada 100.000 habitants en els Estats Units[1] i constitueix el tumor més freqüent en infants menors de 5 anys arreu del món.

El tractament d'aquesta patologia pot variar entre quimioteràpia intensiva, quimioteràpia per fases, radioteràpia i tècniques de immunoteràpia en funció de la reacció de cada pacient al tractament aplicat.

Aquest projecte es planteja com a una eina per a millorar la identificació i gestió dels trastorns de la sang a partir d'imatges microscòpiques de cèl·lules sanguínies per tal de detectar certes malalties que se'n deriven, com ara la leucèmia.

L'aplicació disposa d'una interfície gràfica que permet que el personal sanitari pugui gestionar l'històric de pacients així com la seva evolució temporal del tractament mitjançant la creació d'informes amb l'anàlisi de les mostres extretes. Per tal d'aconseguir-ho, s'ha implementat una base de dades per tal d'emmagatzemar i gestionar el llistat de pacients així com les mostres hematològiques de cadascun d'ells.

Per tal d'obtenir una bona precisió en el model de classificació de mostres hematològiques, s'ha hagut de prendre especial atenció en el procés de segmentació de les imatges, ja que constitueix la base sobre la qual es construeix el model de classificació.

La motivació d'aquest projecte sorgeix a partir del meu interès i curiositat en diferents rames de les ciències com ara la biologia, la medicina, la química i la física que m'han portat a voler aplicar els coneixements adquirits en el grau a alguna d'aquestes ciències. Aquest projecte agafa com a base una pràctica de l'assignatura de Visió per Computadors on vaig presentar un sistema per a la classificació de glòbuls blancs.

1.1 ESTAT DE L'ART

Avui dia existeix una gran varietat de software per a gestionar l'històric clínic de pacients. Com ara SoftwareClinicas, Nubimed, Zapmeta, qclinicas, etc. A continuació es descriuen dues d'aquestes aplicacions:

SoftwareClinicas[2] és un software de gestió que disposa d'una agenda amb enllaços al històric clínic de cada pacient, un mòdul per a gestionar les facturacions d'una clínica així com calendaris per a gestionar les visites de cada metge.

-
- E-mail de contacte: albertamoneda@gmail.com
 - Menció realitzada: Enginyeria del Software.
 - Treball tutoritzat per: Jorge Bernal del Nozal, Gemma Rotger Moll
 - Curs 2017/18

Nubimed[3] és un software de gestió a través de subscripcions mensuals que guarda les dades en el núvol i gestiona l'emmagatzematge i l'accés a les dades sensibles tal com s'especifica en la LOPD en relació a les dades clíniques. A més de les funcionalitats descrites en l'aplicació anterior, Nubimed disposa de mòduls per a la gestió de les mútues i la firma electrònica de documents.

Pel que fa a la detecció i classificació de glòbuls blancs, en articles com *Robust Segmentation and Measurements Techniques of White Cells in Blood Microscope Images*[4] i en *A Framework for White Blood Cell Segmentation in Microscopic Blood Images Using Digital Image Processing*[5] es detallen els resultats de classificació de glòbuls blancs emprant diverses tècniques de segmentació i SVM[6] com a algorisme de classificació supervisat.

1.2 OBJECTIUS

L'objectiu principal del projecte és obtenir una eina d'ajut als metges per a determinar l'evolució de pacients amb leucèmia davant de diferents tractaments oncològics.

Pel que fa als objectius del treball de fi de grau, a continuació es descriuen els objectius proposats per tal de demostrar els coneixements adquirits durant el grau:

- I. Desenvolupar una interfície amigable que comuniqui les diferents parts del projecte.
- II. Creació d'una Base de Dades per a guardar un històric de pacients i observar la seva evolució temporal.
- III. Generar informes automàticament a partir de les dades de la interfície per a analitzar les proves hematològiques de cada pacient en una data concreta.
- IV. Integrar i avaluar un model de classificació de glòbuls blancs per a observar l'evolució temporal dels pacients tractats.

1.3 METODOLOGIA

S'ha decidit optar per a un desenvolupament iteratiu incremental, ja que la naturalesa del projecte suggeria la necessitat de mantenir una comunicació fluida amb el tutor per a definir l'àmbit del projecte així com a la capacitat d'adaptar-se a canvis en les especificacions en el transcurs d'aquest.

Per a cada iteració setmanal, es defineixen les tasques a realitzar en la següent setmana basant-se en el diagrama de Gantt i la prioritització de requisits per assolir. A més, es revisen les tasques fetes la setmana anterior per a com-

provar si s'han realitzat correctament.

Utilitzant aquesta metodologia s'aconsegueix desenvolupar seqüencialment les tasques però tenint en compte els possibles canvis que puguin sorgir per tal de poder incorporar-los al treball tan més aviat com es pugui. A més, a casusa de la brevetat de cadascuna de les iteracions, s'ha pogut mantenir un control constant i detallat de l'evolució del projecte, fet que ha afectat de manera molt satisfactòria en la qualitat de l'aplicació final.

1.4 EINES UTILITZADES

S'ha decidit implementar un model de bases de dades relacionals, ja que les dades han de ser consistents amb una estructura clarament definida i estructurada.

S'ha considerat implementar la base de dades dintre del entorn *Xampp*[7], que conté un servidor web Apache i un sistema de gestió de bases de dades *SQL*, fet que simplifica la creació, la gestió i monitoratge de la base de dades en un entorn local.

Per a poder realitzar el model de classificació, s'ha hagut de treballar amb un conjunt d'imatges com a entrada al sistema. Per tant, s'ha considerat un llenguatge de programació que ens permeti manipular imatges de forma senzilla, com *MATLAB*.

A més de l'eina de desenvolupament, ha sigut necessari l'ús d'un dataset d'imatges de cèl·lules sanguínies com a dades d'entrada per tal d'entrenar el model de classificació.

Per tal d'avaluar l'etapa de segmentació d'imatges, s'han creat màscares representant la posició del glòbuls blancs dins la imatge creades fent servir l'eina *GTCreator*[8].

1.5 PLANIFICACIÓ

A partir dels objectius i l'especificació de requisits prèviament descrits, s'han detallat les tasques i subtasques a realitzar en el transcurs del projecte. En concret, s'ha dividit el projecte en 3 fases corresponen a les diferents entregues del projecte:

1. **Desenvolupament de l'aplicació de seguiment a pacients:** Aquesta fase inclou la especificació de requisits, el disseny de les diferents vistes de l'interfície i la implementació de la base de dades en un entorn local.
2. **Desenvolupament i avaluació del model de classificació de glòbuls blancs:** Aquesta fase inclou el desenvolupament i avaluació de diferents tècniques de segmentació i classificació de glòbuls blancs, així com la seva integració en l'aplicació.

3. **Refinament i entrega:** Aquesta última fase tracta sobre la creació de informes per a l'anàlisi de l'evolució temporal del pacient, així com el refinament de les vistes que conformen l'aplicació i la redacció de l'informe final.

Per a una descripció detallada de l'estimació temporal de les diferents tasques així com les seves dependències, referir-se al apèndix A1 d'aquest document.

2 ESPECIFICACIÓ DE REQUISITS

2.1 Requisits funcionals

A continuació es descriuen els requisits funcionals que ha de satisfer el sistema a implementar:

- **RF1:** El sistema ha de mostrar el llistat de pacients enregistrats en la base de dades.
- **RF2:** El sistema ha de permetre veure i afegir registres de pacients en la base de dades.
- **RF3:** El sistema ha de permetre gestionar les mostres hematològiques de cada pacient.
- **RF4:** Per a cada pacient, s'haurà de guardar un identificador de pacient, el seu nom, la seva edat, el tractament que rep actualment, les seves mostres hematològiques, l'última data de modificació del registre, així com un possible comentari afegit pel metge que l'atén.
- **RF5:** El sistema ha de mostrar l'històric d'informes relatius a un pacient en concret.
- **RF6:** El sistema ha de poder generar un informe de l'evolució temporal referent a un pacient.
- **RF7:** El sistema ha de segmentar els leucòcits presents en una mostra hematològica generada amb microscopi òptic.
- **RF8:** El sistema ha de classificar els leucòcits segmentats com a sans o cancerosos.

2.2 Requisits No Funcionals

- L'eina de desenvolupament emprada ha de ser *MATLAB*.
- El sistema ha de disposar d'una interfície gràfica fàcil d'utilitzar.
- El model de classificació de glòbuls blancs ha de tenir un grau de precisió superior al 90%.
- Si es produeix un error inesperat el sistema ha de proporcionar missatges d'error que siguin informatius i orientats a l'usuari final.

2.3 Diagrama de Casos d'ús

A la Figura 1 es mostren els diferents casos d'ús extrets a partir de la especificació de requisits que podrà dur a terme cada actor dintre del sistema.

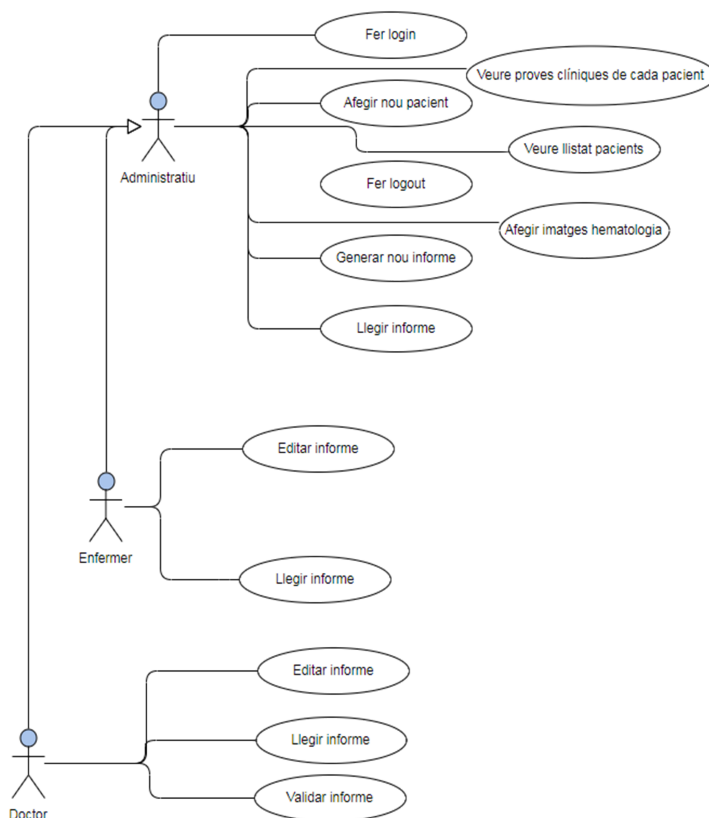


Fig1: Diagrama de casos d'ús

3 Disseny de la base de dades

L'objectiu del disseny conceptual de la base de dades és representar les estructures necessàries per a interactuar amb la interfície d'usuari simulant el comportament d'una aplicació mèdica real. A continuació es justifiquen les eleccions d'entitats i relacions del esquema relacional de la base de dades:

La base de dades ha de guardar informació referent als pacients atesos en un hospital concret, així com el personal sanitari que atén a cada pacient en una visita concreta. Per tant, serà necessari definir les entitats d'hospital, personal sanitari i pacient per a representar aquesta informació. En concret, cada pacient està identificat pel seu NIF i conté un conjunt d'atributs referents a la seva informació personal i als seus antecedents clínics.

Cada hospital està identificat per un identificador únic, l'atribut "modalitat" per a diferenciar entre hospitals de caràcter públic o privat, així com atributs per a ubicar i contactar amb l'hospital.

El personal sanitari està representat com a una especialització identificada pel NIF de cada personal sanitari que es concreta en les entitats de doctor, infermer i administratiu. A més, l'aplicació ha de generar informes de l'evolució

ció temporal de cada pacient, que contindrà imatges cel·lulars extretes a partir de proves clíniques d'hematologia.

Per tant, la base de dades ha d'incloure una entitat informada identificada per un identificador únic i amb diferents atributs per a analitzar l'evolució temporal del pacient tractat. Per últim, la base de dades inclou una entitat feble que representa cadascuna de les imatges de proves hematològiques d'un pacient que estaran presents en un informe. Aquesta entitat està representada pel identificador únic d'informe i un identificador únic d'imatge propi.

Com a resultat, la base de dades consta de 7 taules per a enmagatzemar totes les dades necessàries pel desenvolupament del projecte, tal com es mostra en la Figura 2.

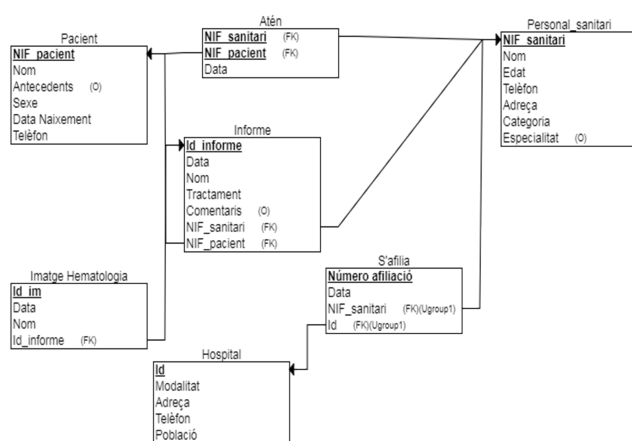


Figura 2: Diagrama relacional de base de dades

Per a visualitzar la informació detallada del conjunt de entitats i relacions que conformen la base de dades a alt nivell, referir-se al diagrama Entitat-Relació que es troba al apèndix A2 del document.

Un cop creada la base de dades en un entorn local, s'han afegit regles a alguns dels atributs de la base de dades per a que els camps ID d'informe, imatges hematologia i hospital incrementin el seu valor automàticament cada cop que s'insereix un nou registre, per a permetre o no el valor NULL en els atributs o definir valors per defecte com ara la data actual en els atributs referents a la data en les taules atén, s'afilia, informe i imatge hematologia.

4 MODEL DE CLASSIFICACIÓ DE GLÒBULS BLANCS

L'objectiu principal d'aquest apartat és la creació i l'avaluació d'un model de classificació capaç de diferenciar entre glòbuls blancs cancerosos i glòbuls blancs sans. Com a resultat de la realització d'aquesta secció del projecte, es pretén identificar la presència de leucèmia en cèl·lules sanguínies de manera automàtica amb un alt

índex de precisió.

Un cop implementat, es pretén incorporar aquesta funcionalitat dintre de l'aplicació per a permetre analitzar les mostres hematològiques associades a un pacient automàticament i analitzar-ne la seva evolució temporal des del començament del tractament.

A continuació es detalla la seqüència de passos emprada per a la creació del model de classificació: la adquisició de les imatges, el procés de segmentació de glòbuls blancs, l'extracció de característiques de cada imatge i la creació del model de classificació.

4.1 Adquisició d'imatges

El dataset[9] utilitzat consta de 260 imatges captades per una càmera digital que està acoblada a un microscopi òptic. Les primeres 130 imatges corresponen a imatges de cèl·lules sanes i les 130 imatges restants a cèl·lules canceroses. Aquestes imatges van ser etiquetades per metges en dues categories: glòbul blanc sà i cancerós.

4.2 Segmentació de glòbuls blancs

Aquest apartat analitza diferents tècniques per a identificar els diferents glòbuls blancs presents en les imatges. Aquesta segmentació juga un paper clau, ja que afecta directament en la classificació. En concret, es detalla el procés de segmentació utilitzant *K-means* [10] per a aprofitar la variació en la distribució de color de les imatges de microscopi i la segmentació utilitzant contorns actius utilitzant l'algorisme de *Chan-Vese* [11].

4.2.1 Segmentació K-means

L'algorisme de segmentació basat en K-means consta de quatre apartats:

En primer lloc, s'ha obtingut la equalització dels histogrames de cadascuna de les imatges del dataset per a aconseguir una distribució més uniforme de la lluminositat així com millores en el contrast de les imatges.

En segon lloc, s'obtenen les diferents regions d'interès a partir de K-means amb quatre clústers.

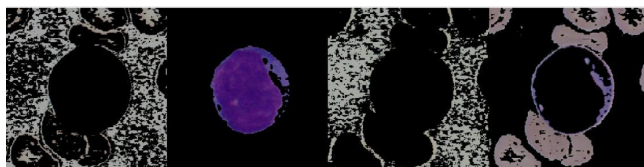


Figura 3: Extracció ROI amb 4 clústers

En tercer lloc, s'obté la secció de la imatge corresponent al glòbul blanc sobre el que es coneix si és o no cancerós utilitzant BoundingBox.

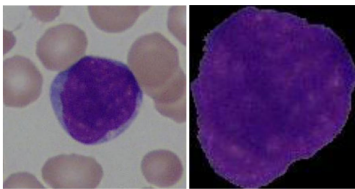


Figura 4: a) Imatge original. b) Glòbul blanc segmentat.

Per últim, es crea una màscara del glòbul blanc resultant com a una imatge binària omplint els espais buits degut a la presència d'oxigen en les vacuoles d'algunes cèl·lules o a petits errors resultants en la fase de segmentació.

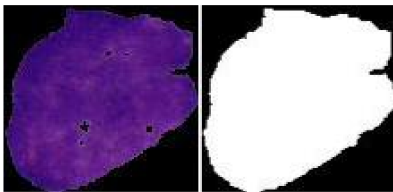


Figura 5: a) Imatge segmentada. b) Imatge aplicant morfologia

Aquesta tècnica s'aplica per a optimitzar el procés d'extracció de les característiques que no depenen de les intensitats de color de la imatge.

4.3.2 Segmentació Chan - Vese

S'ha utilitzat *Chan-Vese* com a tècnica de segmentació per a modelar les fronteres de la regió d'interès per tal d'intentar diferenciar-les de la resta d'objectes de les imatges basant-se amb informació a priori de la estructura dels objectes que es volen segmentar.

Per fer-ho, l'algorisme genera una segmentació inicial aleatòria que evoluciona temporalment buscant la minimització de la funció de *Chan-Vese* mitjançant descens de gradient. Aquesta tècnica s'ha utilitzat en imatge mèdica 2D i 3D amb resultats molt satisfactoris, tal com es detalla en *Chan-Vese Deformable Model for Different Domain Images* [12], on s'estudia l'aplicació d'aquest algorisme en segmentació d'imatges del cervell.

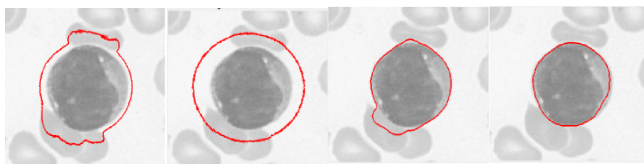


Figura 6: Evolució de la identificació ed regions en Chan-Vese.

La figura mostra l'evolució des de l'estat inicial, passant per l'estat de segmentació en les iteracions 100 i 500, fins a arribar a l'estat final amb 2000 iteracions.

4.3.3 Comparativa segmentacions

En aquest apartat s'avaluen els dos mètodes de segmentació implementats basant-se en l'índex de Jaccard (JSI)[13].

A continuació es mostren els resultats obtinguts al aplicar aquest índex al mètode de segmentació de glòbuls blancs basat en *K-Means* i la segmentació de *Chan-Vese*:

Segmentació	Nombre d'imatges	Promig
K-means	260	0.81 ± 0.12
Chan-Vese	260	0.61 ± 0.17
K-means*	227	0.83 ± 0.11
Chan-Vese*	227	0.87 ± 0.07

Taula 1: Comparativa mètodes de segmentació. (*) Fa referència al conjunt d'imatges on s'obté un resultat coherent aplicant Chan-Vese.

Com es pot observar en la taula, s'observa que els millors resultats de segmentació s'obtenen amb la segmentació basada *Chan-Vese* utilitzant 227 imatges, ja que l'índex JSI és millor en promig que en la segmentació *K-means* i la desviació estàndard és menor, fet que indica que la qualitat de les segmentacions és menys dispar entre diferents imatges respecte la segmentació *K-means*. No obstant, el càlcul d'aquesta mètrica només s'ha pogut realitzar amb 227 de les 260 imatges del dataset, ja que no s'ha aconseguit una parametrització de *Chan-Vese* capaç d'identificar la resta d'imatges del dataset. Per aquest motiu la creació del model de classificació s'ha fet a partir de la segmentació en *K-means* que, tot i produir segmentacions menys acurades, és capaç de segmentar totes les imatges del dataset.

4.4 Extracció de característiques

En aquest apartat es detalla com s'obté, per a cada mostra, el vector de característiques que serviran com a paràmetre d'entrada en l'algorisme de classificació.

Es diferencien dos tipus de característiques:

4.4.1 Característiques geomètriques:

Les característiques geomètriques ens donen informació sobre la forma i mides

de la imatge. Aquestes característiques són: àrea, perímetre, solidesa, excentricitat. Convexitat, extensió i moment angular.

És important ressaltar que totes aquestes característiques son calculades a partir de la imatge binària generada després del procés de segmentació.

4.4.2 Característiques estadístiques:

Aquestes característiques ens donen informació sobre la disposició espacial dels rangs d'intensitats en una imatge. Aquestes característiques son: mitja i desviació en RGB, HSV i Lab, homogeneïtat, contrast, correlació, energia, entropia, asimetria i curtosi.

És important ressaltar que totes aquestes característiques son calculades a partir de la imatge segmentada en color.

4.5 Classificació

En aquesta última secció s'implementen i s'avaluen els resultats del model de classificació utilitzant SVM amb diferents kernels com algorisme de classificació i k-fold com a mètode de validació del model.

A més, es proposa una optimització del problema reduint la dimensionalitat del espai de característiques analitzant les característiques més representatives en la classificació utilitzant LDA (*Linear Discriminant Analysis*) [14], per tal de reduir significativament el cost computacional del model de classificació.

A continuació es detallen els millors resultats de precisió obtingut amb les implementacions de K-NN i SVM com a algorismes de classificació en funció del nombre de característiques extretes en cada mostra d'entrenament:

Tipus Classificador	Precisió (%)	Cost (ms)
10-NN	73.84	46.2
SVM-polinòmic	91.5385	89.7
SVM-polinòmic-LDA	92.3077	26.1

Taula 2: Anàlisi rendiment dels algorismes de classificació

S'observa que el millor resultat de precisió del model s'obté amb el tipus de kernel polinòmic i que el cost computacional disminueix significativament, tot i que el temps d'execució no és un factor clau en la creació del classificador ja que el nombre d'imatges no és molt elevat.

5 INTEGRACIÓ MATLAB - BASE DE DADES

Una de les claus pel correcte desenvolupament del projecte era ha estat la integració de la base de dades descrita en l'apartat 2 amb l'interfície gràfica de MATLAB per tal d'accedir i modificar els registres de la base de dades dinàmicament en funció de les peticions realitzades per l'usuari en l'interfície. En aquest apartat es descriuen els passos que s'han dut a terme per a configurar els connectors necessaris per a realitzar la integració:

1. Encendre el servidor on s'allotja la base de dades: En el cas d'utilitzar XAMPP, aquest disposa d'un panell de control des d'on es pot engegar/apagar el servidor Apache i el sistema gestor de base de dades de MySQL on es troba la base de dades.

2. Instal·lar MATLAB Database Toolbox [15]: Aquesta eina de MATLAB conté els diferents connectors necessaris per a realitzar la connexió amb una base de dades de tipus Oracle, 15 SAS, MySQL, Access, PostgreSQL o MongoDB. Aquesta eina es pot descarregar directament des de l'IDE de MATLAB en la pestanya "apps".

3. Configurar Connector: De tots els connectors que possibiliten la connexió amb un servidor MySQL, s'ha optat per a ODBC [16] ja que és el driver recomanat per als usuaris de Windows. L'accés a la configuració del driver es pot fer directament desde Database Toolbox.

Un cop completades aquestes tres etapes correctament ja es pot realitzar la connexió a la base de dades amb la funció connect del *Database Toolbox* i a les diferents funcions per a accedir i manipular el contingut dels registres de la base de dades mitjançant codi SQL. Per a dur a terme la integració s'ha utilitzat la versió R2015a de *Database Toolbox*, *Apache 2.4.33*, *MySQL 5.7*, *PHP 5.6.35*, *php MyAdmin 4.8.0* i *OpenSSL 1.0.2*.

6 INTERFÍCIE GRÀFICA

Un dels objectius principals de l'aplicació és disposar d'una interfície gràfica d'usuari senzilla, amigable i funcional pels usuaris que hi interactuïn. A continuació, es descriuen les implementacions de les vistes realitzades per a assolir els requisits especificats anteriorment:

6.1 Gestió de pacients:

En aquesta secció es descriu com s'han assolit els requisits RF1, RF2, RF5 i part del RF4.

Figura 7: Formulari per afegir un nou pacient

Aquesta vista correspon al formulari per a afegir un nou registre de pacient al sistema. Els camps a omplir corresponen al conjunt d'atributs de la taula de pacient esmentats anteriorment: DNI, nom, telèfon, data de naixement, Sexe i Antecedents clínics.

Si es fa clic el botó de guardar, es realitza la validació del formulari.

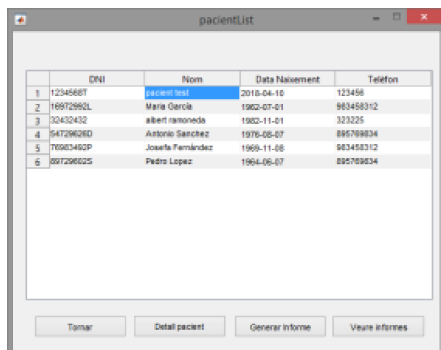
Si es fa clic al botó de Cancelar, es torna a la vista principal sense realitzar cap consulta sobre la base de dades.

Es realitza un nou registre de pacient al finalitzar el formulari sí:

- S'han omplert tots els camps obligatoris (*).
- El format dels valors introduïts no es correpte.
- No existeix un altre pacient en el sistema amb el mateix DNI.

Si la validació és correcta, es realitza un nou insert en la taula de pacients de la base de dades.

Si la validació no és correcta, es mostra un diàleg amb un missatge indicant el tipus d'error i es buiden el o els camps amb un format incorrecte.



	DNI	Nome	Data Naixement	Telefon
1	12345678	Jacobs Test	2010-04-10	123456
2	16972962L	Maria Garcia	1982-07-01	983456312
3	32432432	albert ramoneda	1982-11-01	323235
4	54729628D	Antonio Sanchez	1976-05-07	895789834
5	76983452P	Josefa Fernandez	1969-11-06	983456312
6	89725692S	Pedro Lopez	1964-06-07	895789834

Figura 8: Llistat de pacients

Aquesta vista mostra el llistat de tots els registres de pacients en la base de dades en format taula generada dinàmicament a partir dels registres de la taula de pacients de la base de dades.

Al fer clic a algun element de taula, s'activen les funcionalitats de "Detall pacient", "Generar informe" i "Veure informes" tal com s'observa en la imatge de la dreta.

En prémer el botó "Detall pacient", l'aplicació obre la vista de veure pacient amb la informació completa relativa al pacient a partir del seu DNI.

En prémer el botó de "Generar Informe", la aplicació comprova que l'usuari tingui els privilegis per a generar informes (reflectit al diagrama de casos d'ús), obrint una nova finestra amb la funcionalitat per a generar un nou informe (Figura 9) o mostrant un missatge d'error en el cas de no disposar dels privilegis pertinents.

En prémer el botó de "Veure informes", es mostra en format de taula el conjunt d'informes associats al pacient seleccionat diferenciats per la data en la que van ser generats.

En prémer el botó de "Tornar", es torna a la vista principal de l'aplicació.

6.2 Gestio de l'evolució temporal dels pacients

En aquesta secció es descriuen les implementacions per a assolir els requisits RF3, RF6, RF7, RF8 i part del RF4.

6.2.1 Generar nou informe

A continuació es motra el procés a seguir per a la creació d'un nou informe:

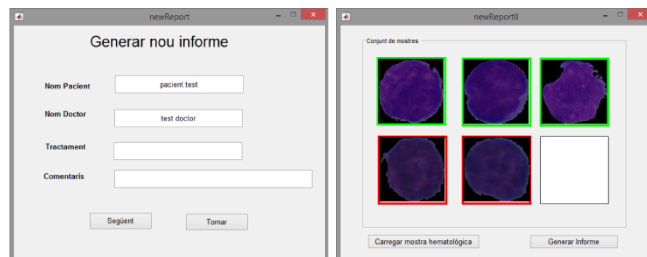


Figura 9: Vistes de generació d'un nou informe

A la Figura 9 es mostren les dues vistes de la aplicació per a generar un nou informe. La vista de l'esquerre mostra els camps referents a les dades personals del pacient, mentre que la vista de la dreta mostra el conjunt de glòbuls blancs analitzats per l'aplicació. Al fer clic a "Carregar mostra hematològica", s'accedeix a la vista per a analitzar noves mostres hematològiques (Figura 10).

En prémer el botó de "Generar informe" es genera un document word dinàmicament amb les dades introduïdes i el conjunt de mostres hematològiques analitzades, tal com es mostra en la Figura 11. Aquest document es guarda en la ruta `pwd/informes/DNI_pacient/data_creació` on `pwd` correspon al directori on està ubicat l'aplicació.

6.2.2 Anàlisi d'imatges hematològiques

Aquesta vista integra el model de classificació de glòbuls blancs detallat en l'apartat 4 per a classificar automàticament els glòbuls blancs d'una mostra hematològica per a analitzar les mostres hematològiques carregades en l'aplicació.

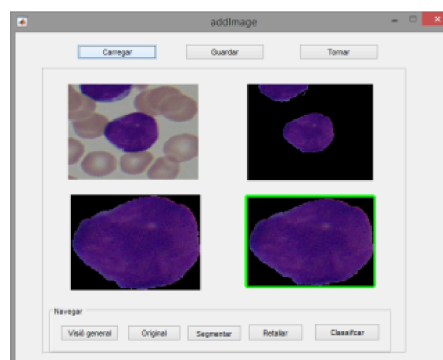


Figura 10: Vista per l'anàlisi de mostres hematològiques

Un cop carregada una nova mostra, es visualitza l'imatge hematològica original, l'imatge dels diferents glòbuls blancs segmentats, l'imatge del glòbul blanc retallat i la classificació del glòbul blanc segons sigui sà (color verd) o cancerós (color vermell). A més, la vista conté un panell de navegació per tal d'observar en detall qualsevol d'aquestes 4 seccions.

En prémer el botó de "Guardar", s'associa el glòbul blanc al informe que està sent generat.

En prémer el botó de "Tornar" es retorna a la segona vista de la creació d'un nou informe (Figura 9).

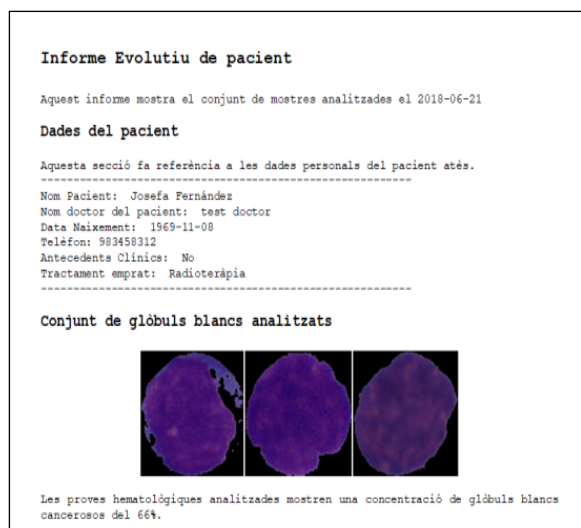


Figura 11: Exemple d'informe evolutiu de pacient

En aquesta última Figura es mostra un exemple d'informe de seguiment de pacient generat automàticament a partir de les dades introduïdes en la Figura 9.

En l'informe s'especifiquen les dades del pacient analitzat, així com el resultat de l'anàlisi dels diferents leucòcits presents en les proves hematològiques. Gràcies a aquesta funcionalitat, l'aplicació permet mantenir un seguiment de l'estat dels pacients tractats.

Per a una vista detallada del conjunt de vistes de l'aplicació, referir-se a l'apèndix A3 del document.

7 CONCLUSIONS I LÍNIES FUTURES

Com a resum del projecte, s'ha aconseguit realitzar una aplicació en MATLAB capaç de gestionar l'històric de pacients diagnosticats amb leucèmia juntament amb la seva evolució davant de diferents tractaments oncològics a partir de l'anàlisi d'imatges de mostres hematològiques de cada pacient obtinguts amb microscopi òptic.

A més, l'aplicació és capaç de generar i gestionar informes en format Word amb l'anàlisi dels glòbuls blancs extrets

de les mostres introduïdes per a cada pacient en concret.

Pel que fa a la integració del model de classificació en l'aplicació, s'han avaluat diferents mètodes de segmentació i classificació fins a trobar un model de classificació de glòbuls blancs amb un grau de precisió superior al 90% que permeti assistir al personal sanitari en l'anàlisi de mostres hematològiques d'un pacient diagnosticat amb leucèmia.

En definitiva, tot i els problemes que s'han trobat en la codificació de l'aplicació en MATLAB GUIDE i les dificultats per adaptar els prototips inicials de les vistes de l'aplicació amb les possibilitats que ofereix GUIDE, s'han assolit tots els objectius definits en el projecte, així com els diferents requisits especificats en l'apartat 2.

Aquest treball ha estat un gran repte que m'ha permès obtenir una visió completa de les diferents etapes que conformen un desenvolupament d'una aplicació software, m'ha ajudat a adaptar-me ràpidament als canvis en les especificacions, m'ha ajudat a planificar les diferents tasques del projecte tenint en compte les possibles dificultats que es poden trobar en el seu desenvolupament i m'ha permès aprofundir en la programació en MATLAB així com la programació d'interfícies, fet que em pot ser de gran utilitat en el futur.

Com a possibles millores del projecte, es podria pensar a utilitzar aquesta aplicació no únicament com a una eina d'ajuda al diagnòstic de pacients amb leucèmia, sinó que englobi diferents patologies associades a les cèl·lules de la sang com ara la leucocitosi, la leucopènia, la trombocitosi, etc.

Pel que fa al model de segmentació i classificació de glòbuls blancs, es podrien intentar aplicar tècniques de deep learning si es disposés d'un dataset d'imatges més gran, per tal d'intentar millorar el model actual.

8 AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair especialment a Jorge Bernal i a Gemma Rotger per a la tutorització del treball. El seu suport, experiència i dedicació han fet possible poder desenvolupar amb èxit les diferents parts del treball.

En segon lloc, vull agrair als meus amics de la facultat pel seu suport els anys que hem passat junts en el transcurs del grau.

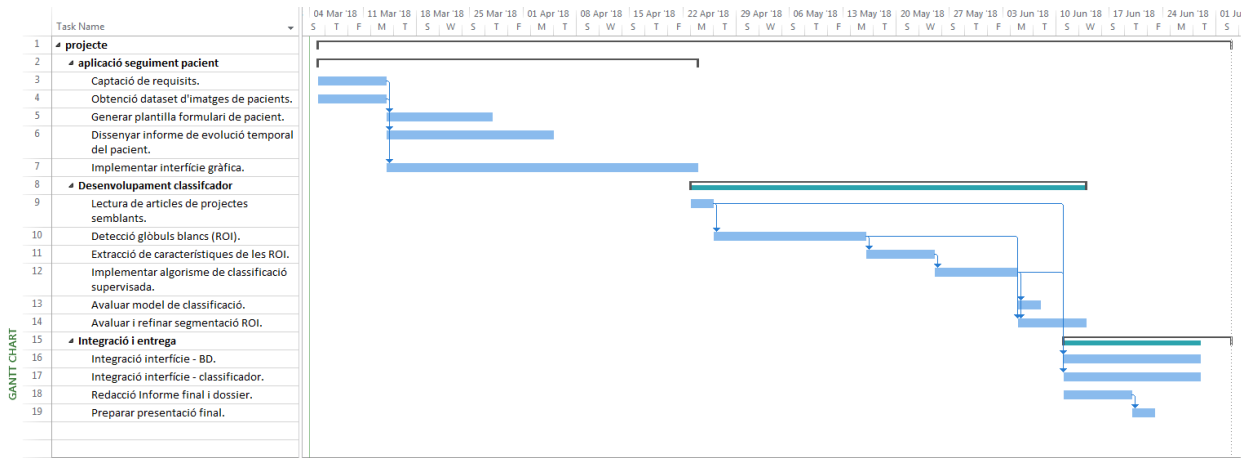
Per últim, vull agrair a la meua família pel suport moral i econòmic des de que vaig començar el grau, que ha permès que acabi aquest any el grau en enginyeria informàtica.

8 Bibliografia

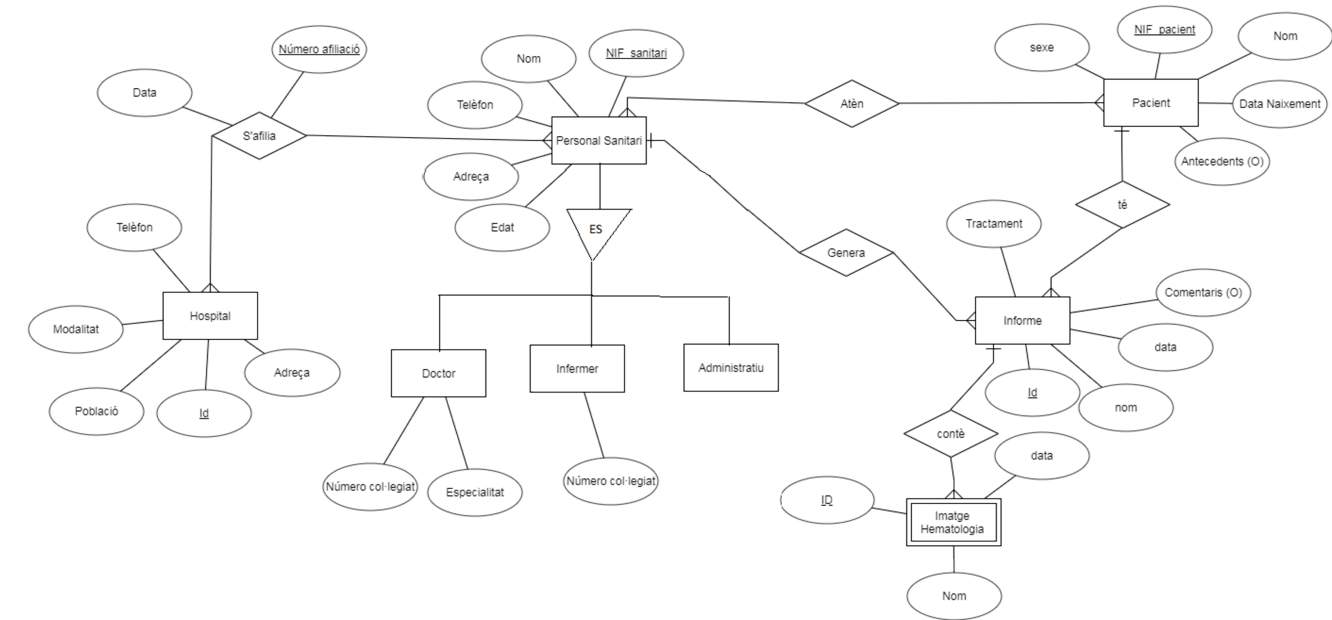
- [1] seer.cancer.org (2018). Cancer US statistics.[Consultat el 06 de Juny de 2018]. Disponible en: <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/leuks.html>
- [2] SoftwareClinicas (2018). Software Clínicas, Programa de gestión de clínicas. [Consultat el 5 de Junio de 2018]. Disponible en : <https://www.softwareclinicas.com/>
- [3] Nubimed. (2018). Software de gestión de clínicas en la nube | Nubimed. [Consultat el 4 de Juny de 2018]. Disponible en: <https://www.nubimed.com/>
- [4] Scotti F. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2006. IMTC2006. Proceedings of the IEEE; 2006. Robust Segmentation and Measurements Techniques of White Cells in Blood Microscope Images; p. 43-8.
- [5] Sadeghian, Farnoosh, et al.(2009). "A framework for white blood cell segmentation in microscopic blood images using digital image processing." Biological procedures online 11.1:196.
- [6] Smola AJ, Schölkopf B. A tutorial on support vector regression. Stat Comput, 2004; p.14- 19.
- [7] Apache.org. (2018). XAMPP Installers for Apache. [Consultat el 21 de Març de 2018]. Disponible en : <https://www.apachefriends.org/es/index.html>
- [8] Bernal, J., Histace, A., Masana, M., Sánchez-Montes, et al.(2018). Polyp Detection Benchmark in Colonoscopy Videos using GTCreator: a Novel Fully Configurable Tool for Easy and Fast Annotation of Image Databases. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 13, Suppleme.
- [9] Scotti F. ALL-IDB Acute Lymphoblastic Leukemia Image Database, [consultat el 15 de Maig de 2018] Obtenido en: <https://homes.di.unimi.it/scotti/all/#datasets>
- [10] Jain, Anil K. "Data clustering: 50 years beyond K-means; 2010." Pattern recognition letters 31.8.
- [11] Chan, Tony F., and Luminita A. Vese. "Active contour and segmentation models using geometric PDE's for medical imaging." Geometric methods in bio-medical image processing. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. p. 63-75.
- [12] Singh, Harita, and Shabnam Parveen. "Chan-Vese Deformable Model for Different Domain Images."
- [13] Real, Raimundo, and Juan M. Vargas. "The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity." Systematic biology, 1996, vol 45, p. 380-385.
- [14] Balakrishnama, Suresh, and Aravind Ganapathiraju. "Linear discriminant analysis-a brief tutorial." Institute for Signal and information Processing, 1998, vol. 18, p. 1-8.
- [15] Mathworks.com. (2018). Database Toolbox. [Consultat el 3 de Abril de 2018]. Disponible en : <https://www.mathworks.com/products/database.html>
- [16] Dev.mysql.com. (2018). MySQL ODBC Connector [Consultat el 4 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://dev.mysql.com/downloads/connector/j/>
- [17] Booch, Grady, et al. El lenguaje unificado de modelado. Vol. 1. Madrid: Addison Wesley, 1999.
- [18] Abdul Nasir A, Mashor M, Rosline H. Imaging Systems and Techniques (IST), IEEE International Conference on; 2011. Unsupervised Colour Segmentation of White Blood Cell for Acute Leukaemia Images; pp. 142-5.
- [19] Scotti F. 2005 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications; 2005. Automatic Morphological Analysis for Acute Leukemia Identification in Peripheral Blood Microscope Images.
- [20] N, Ramakrishnan AG. Automation of Differential Blood Count. In TENCON 2003. Conference on Convergent Technologies for the Asia-Pacific Region.
- [21] Madhloom H, Kareem SA, Ariffin H, Zaidan AA, Alanazi HO, Zaidan BB. An automated white blood cell nucleus localization and segmentation using image arithmetic and automatic threshold. J Appl Sci. 2010.
- [22] Theera-Umpon N. Springer: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005. White Blood Cell Segmentation and Classification in Microscopic Bone Marrow Images, in Fuzzy Systems and Knowledge Discovery; pp. 787-96.

APÈNDIX

A1. DIAGRAMA DE GANTT



A2. DIAGRAMA E-R



A3. CONJUNT DE VISTES APLICACIÓ

Login

login

Login

Usuari: 47416043R

Contrasenya:

login

Llistat de pacients

pacientList

	DNI	Nom	Data Naixement	Telefon
1	1234568T	pacient test	2018-04-10	123456
2	16972992L	Maria Garcia	1982-07-01	983458312
3	32432432	albert ramoneda	1982-11-01	323225
4	5472962HD	Antonio Sanchez	1976-05-07	885769834
5	7696348CP	Josefa Fernandez	1909-11-08	983458312
6	89729682S	Pedro Lopez	1964-05-07	895769834

Tornar

Detall pacient

Generar Informe

Veure informes

Vista principal

main

Eina de suport al diagnòstic

Afegir Pacient

Gestionar pacients

Surt

Primera vista per a la generació d'un nou informe

newReport

Generar nou informe

Nom Pacient

pacient test

Nom Doctor

test doctor

Tractament

Comentaris

Seguint

Tornar

Formulari alta pacient

addPacient

Alta Pacient

DNI*

Nom*

Cognom*

Telefon*

Sexe

Data Naixement*

Antecedents

Guardar

Cancelar

Segona vista per a la generació d'un nou informe

newReportII

Conjunt de mostres

Carregar mostra hematològica

Generar Informe

Vista de detall d'un pacient

viewPacient

Veure Pacient

DNI*

Nom*

Telefon*

Data Naixement*

Antecedents

Sexe

Masculi

torna

Llistat d'informes generats a un pacient

reportList

Historial informes de: albert ramoneda

	Id informe	Data creació
1	4	2018-06-14 12:26:36
2	5	2018-06-14 13:51:44
3	6	2018-06-14 15:26:40
4	7	2018-06-14 16:26:45
5	8	2018-06-14 15:27:44
6	9	2018-06-14 15:47:23

Tornar

Obrir